

**ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ВОДОРОДА ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
КАСКАДНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)**

В. Г. ИВАНОВ, А. П. ГРИБАНОВ, Т. М. СЛЕЗОВА

(Представлена профессором П. А. Удодовым)

Изменение изотопного состава подземных вод с глубиной наиболее удобно проследить в подземных горных выработках. Авторами для этой цели отобраны пробы воды в штольнях Каскадного месторождения (Саралинское рудное поле, Кузнецкий Алатау). Самая глубокая штольня (14 горизонт) расположена на глубине 650 м от поверхности.

Содержание дейтерия в подземных водах определялось флотационным методом с нормализацией изотопного состава воды по кислороду (Бродский 1957, Шатенштейн 1957).

Подземные воды района Каскадного месторождения в исследованном интервале (до 650 м) инфильтрационного происхождения. Это обусловлено рядом физико-географических и структурных факторов:

1. Приуроченность района к осевой части Кузнецкого Алатау и, следовательно, максимальная приподнятость (абсолютные отметки 1200—1600 м), большая степень расчлененности рельефа (относительные отметки 300—900 м) и повышенная влажность (700—900 мм в год).

2. Скопление в зимнее время на склонах восточной экспозиции, в долинах ручьев и каровых цирках больших масс снега, являющихся дополнительным источником питания талыми водами в летний период.

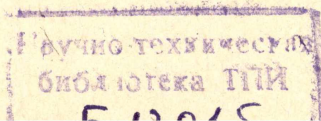
3. Широкое развитие четвертичных отложений, в большинстве случаев хорошо водопроницаемых и являющихся водоносными горизонтами.

4. Наличие региональной трещиноватости горных пород и многочисленных зон дизъюнктивных нарушений, которые служат путями циркуляции подземных вод.

По классификации Н. К. Игнатовича (1950) исследуемый район относится к области интенсивного водообмена, к открытой, проточной, хорошо промытой структуре.

Водовмещающие породы — эффузивно-осадочные образования (кислые и основные эффузивы, их туфы, конгломераты, песчаники, глинистые, углистые, углисто-глинистые, кремнистые, глинисто-кремнистые, углисто-кремнистые, карбонатно-глинистые сланцы) с редкими линзами известняков и мергелей, прорванные малыми интрузиями диоритового габбро-диоритового и плагиигранитного состава. Вопросы возраста пород (докембрийский или кембрийский) и некоторые вопросы структуры района однозначно не решены (Баженов 1961).

Содержание дейтерия в исследуемых водах (табл. 1), в основном, понижено по сравнению со стандартной водой (нами за стандарт при-





нята вода р. Томи). Наиболее обеднены дейтерием ( $-1,6\gamma$ ) воды верхней зоны. С глубиной содержание дейтерия увеличивается (за исключением проб 5с и 6с).

Воды (проба 12с), отобранные по возможности с максимальной глубины (650 м), характеризуются наиболее высоким содержанием дейтерия ( $+1,3\gamma$ ).

С глубиной происходит замедление циркуляции подземных вод. В данном случае на глубине (650 м), близкой к местному базису эрозии, скорость циркуляции довольно незначительна (зона затрудненного водообмена). По химическому составу эти воды значительно отличаются от вод верхней зоны. Так, для последних характерен гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевый или магниевый-кальциевый состав. Воды зоны затрудненного водообмена характеризуются гидрокарбонатно-натриевым составом при отсутствии сульфат-иона и повышенном содержании хлор-иона ( $11,1 \text{ мг/л}$ ). Отсутствие сульфат-иона наряду с другими показателями свидетельствует о восстановительной обстановке. Таким образом, химический состав глубинных вод свидетельствует о некоторой их метаморфизации, в процессе которой, по-видимому, произошло обогащение дейтерием.

Обогащение вод тяжелыми изотопами на глубинах по мнению Е. В. Пиннекера (1966) происходит в результате подземного испарения, наличия повышенных температур, сорбируемости легких изотопов породами, дегидратации некоторых минералов и др.

На увеличение содержания дейтерия в подземных водах с глубиной указывают также Ф. А. Алексеев и В. В. Концова (1964), А. Е. Бабинец (1961) и другие исследователи. Исключение из общего закономерного увеличения содержания дейтерия с глубиной составляют пробы 5с и 6с, где содержание его понижено по сравнению с водами, расположенными на меньшей глубине. Для вод, вскрытых скважиной 5с, характерна также низкая общая минерализация и гидрокарбонатно-кальциевый состав в отличие от гидрокарбонатно-магниевого для выше расположенных вод.

Аналогичное явление в этом же районе на Встречном месторождении замечено В. М. Матусевичем (1964), где также на более глубоких горизонтах в связи с наличием сильно фильтрующих трещин наблюдается своеобразная инверсия, выраженная в резком уменьшении общей минерализации и суммы микрокомпонентов.

Понижение содержания дейтерия в результате изотопного обмена с сероводородом (Гринберг и Петриковская, 1965) и органическим веществом (Бабинец, 1961) в данном случае маловероятно, так как сероводород и углеводороды в водах не обнаружены.

Следует учитывать тот факт, что инфильтрующие атмосферные осадки в различные периоды года могут характеризоваться различным содержанием дейтерия. Так, в весенне-летний период инфильтруются значительные массы обедненной дейтерием талой воды снежников. В осенний же период, когда снежники уже стаяли, пополнение подземных вод происходит дождевыми водами, которые обычно менее обеднены дейтерием, чем снеговые (особенно осенние дожди). Поэтому в осенний период в верхнюю зону поступают воды с более высоким содержанием дейтерия, чем ранее инфильтровавшиеся и, следовательно, проникшие на большую глубину весенне-летние воды.

Дальнейшие исследования изотопного состава подземных вод и атмосферных осадков в данном районе позволят решить ряд теоретических вопросов, связанных с формированием подземных вод и наметить критерии для практического использования данных по их изотопному составу.



Химический и изотопный состав подземных вод шахты Каскадной

Таблица 1

№ п. п.	№ точки	Место отбора	Характер водопункта	Глу- бина, м	Содер- жание дейте- рия, ‰	CO <sub>2</sub> мг/л	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> мг/л	NO <sub>2</sub> мг/л	NO <sub>3</sub> мг/л	SO <sub>4</sub> мг/л	Cl <sub>1</sub> мг/л	HCO <sub>3</sub> мг/л	Ca <sup>++</sup> мг/л	Mg <sup>++</sup> мг/л	Na мг/л	NH <sub>4</sub> мг/л	Fe <sup>++</sup> мг/л	Fe <sup>+++</sup> мг/л	Общая минера- лизация мг/л	Формула солевого состава	Содержание микроэлементов в мкг/л											
																					Cu	Zn	Ag	Ni	Co	Mo	Sr	Ti	Mn	Ba	P	
1	8с	4 горизонт	капез	34	—1,5	3,7	5,2	—	—	60	4,7	280	30	38,8	6,9	0,2	—	—	424	$\frac{HCO_{3,13}SO_{4,25}Cl_2}{Mq_{65}Ca_{30}Na_5}$	0,23	0,69	0,23	—	—	—	—	0,23	6,9	—	—	
2	1с	горизонт	капез	43	—1,3	3,7	11,05	0,3	—	53	4,7	256	35	36,4	13,7	0,2	—	—	399	$\frac{HCO_{3,70}SO_{4,20}Cl_1}{Mq_{55}Ca_{32}Na_{12}}$	0,7	2,2	—	22	0,7	сл	—	—	сл	—	—	
3	3с	5 горизонт	капез	53	—0,3	3,7	10,6	—	—	30	4,7	268,4	30	37,7	11,5	0,1	—	—	382	$\frac{HCO_{3,86}SO_{4,12}Cl_2}{Mq_{10}Ca_{30}Na_{10}}$	<0,9	—	—	45	—	—	—	27	—	—	—	
4	7с	6 горизонт	„	54	+0,3	3,7	5,9	—	—	60	4,7	329,5	35	44,9	45,9	0,1	—	—	420	$\frac{HCO_{3,80}SO_{4,12}Cl_2}{Mq_{50}Ca_{25}Na_{19}}$	0,7	13,6	—	0,68	—	—	—	сл	—	—	—	
5	4с	7 горизонт	скв. леж. бок	113	—0,3	3,7	—	—	—	75	4,7	378,2	35	59,5	27,5	0,3	—	—	580	$\frac{HCO_{3,76}SO_{4,26}Cl_4}{Mq_{40}Ca_{22}Na_{15}}$	0,65	—	—	0,65	—	—	—	—	4,3	—	—	—
6	6с	9 горизонт	скв. лежач.	131	—0,6	3,7	10,5	—	—	70	4,7	378,2	30	59,5	32,1	0,1	—	—	574	$\frac{HCO_{3,50}SO_{4,19}Cl_1}{Mq_{15}Ca_{14}Na_{15}}$	0,7	5,1	—	сл	—	—	—	0,73	7,3	—	—	—
7	5с	„	скв. висяч. бок.	153	—1,3	3,7	13,0	—	—	50	4,7	158,6	25	17,0	22,9	0,1	—	—	280	$\frac{HCO_{3,60}SO_{4,24}Cl_3}{Ca_{33}Mq_{30}Na_{27}}$	1,8	4,3	—	0,61	—	—	37	0,6	37	сл	370	—
8	12с	14 горизонт	скв. лежач.	650	+1,3	3,7	—	0,01	—	—	11,1	292	10	3,65	101,1	0,2	—	—	419	$\frac{HCO_{3,30}Cl_8}{Na_{25}Ca_{16}Mq_3}$	0,4	—	—	—	—	—	—	0,42	8,4	—	—	—



## ЛИТЕРАТУРА

Ф. А. Алексеев, В. В. Концова. К геохимии дейтерия в подземных водах. В сб. «Прямые поиски нефти и газа», М., «Недра», 1964.

А. Е. Бабинец. Подземные воды юго-запада Русской платформы. Распространение и условия образования. Изд. АН УССР, 1961.

В. И. Баженов. Геология и минералогия золоторудных жил Саралинского рудного поля. Диссертация, представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск, 1961.

А. И. Бродский. Химия изотопов. Изд. АН СССР, 1957.

И. В. Гринберг, М. Е. Петриковская. Исследование изотопного состава органического вещества горючих ископаемых. Киев, «Наукова думка», 1965.

Н. К. Игнатович. Зональность, формирование и деятельность подземных вод в связи с развитием геоструктуры. В сб. ВСЕГИНГЕО, вып. 13, 1950.

В. М. Матусевич. Формирование химического состава вод зон разрывных нарушений в связи с поисками рудных месторождений гидрогеохимическим методом. Диссертация, представленная на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Томск, 1964.

Е. В. Пиннекер. Рассолы Ангаро-Ленского артезианского бассейна. М., «Наука», 1966.

А. И. Шатенштейн и др. Изотопный анализ воды. Изд. АН СССР, 1957.